

Összefoglalás

A szórás közeltér mikroszkópia lehetőséget ad nanoszerkezetű rendszerek optikai tulajdonságainak vizsgálatára a diffrakciós limitnél jóval nagyobb felbontással. Habár már kereskedelmileg hozzáférhető a módszer, még mindig jelentős gyakorlati és elméleti tapasztalatra van szükség az mérések értelmezéséhez. A disszertációmban a s-SNOM alapjainak bevezetése után azt tárom fel részleteiben, hogy milyen módon alkalmas a módszer egyedi szén nanocsövek karakterizálására és milyen többletinformációt kapunk a hagyományos mikroszkópiához képest. Bemutatom, hogy a kontrasztmechanizmus s-SNOM esetén jóval komplexebb, és hogy a nanocsöveken mért a mérési műtermékek zavaró hatása miatt körültekintően kell értelmezni. Az s-SNOM méréseket kvázielektrosztatikus modellekkel kiegészítve alkalmas a módszer, hogy a minták különböző komponensei 20 nm felbontással azonosítsuk még infravörös hullámhosszakon is.

Munkám során megmutattam, hogy az s-SNOM alkalmas egyedi szén nanocsövek megkülönböztetésére vezetési jellegük alapján. A félvezető nanocsövek az alacsony töltéshordozó koncentrációjuk miatt a fémes nanocsövekhez képest elhanyagolható közeltér-fáziskontrasztot adnak. Ezt a tényt kiterjesztett véges dipólus modell (EFDM) nanocsövekhez módosított változatával is igazoltam. A kvalitatív egyezést a mérésekkel még úgy is fennáll, hogy tömbi mintákom mért dielektromos függvényt használtam.

Az s-SNOM jel töltéshordozó érzékenységére alapozva a továbbiakban szén nanocsövek belsejében növesztett nikkelt atomcsoportok azonosítására használtam. A nikkelt klaszterek leírásához módosított számolásokkal előrejelzett fáziskontrasztot és a mérési eredmények között kvantitatív egyezést találtam. Több nanocsövön elvégzett mérések alapján azt figyeltem meg, hogy a legtöbb nanocsövben megfigyelhetők a nikkelt klaszterekre jellemző nagy fáziskontrasztú helyek. Ez arra utal, hogy a nanocsövek töltöttségi foka magas, ami jó összhangban van az elektronmikroszkópos mérésekkel.

Ezen mérések után fémes nanocsövekben gerjeszthető plazmonok tulajdonságait vizsgáltam, kihasználva, hogy az optikai közeltérek nagy felülettel párhuzamos hullámszám vektor komponensekkel rendelkeznek. Ez elegendhetlen terjedő felületi plazmonok keltéséhez és vizsgálatához. Pászttázó közeltér interferometriás méréseket kivitelezve azt vizsgáltam, hogy a nanocsövekben létrejövő plazmonok milyen kölcsönhatásba léphetnek a hordozó felület fononjaival. A nanocső plazmonok által létrehozott állóhullámok leképezésével ki tudtam nyerni azok diszperziós relációját. A diszperziós relációt és a fáziskontraszt spektrumot klasszikus csatolt harmonikus oszcillátor modellel részleteiben is elemeztem. Meglepően magas fokú hibridizációt tapasztaltam a nanocső plazmonok és a felület fononjai között. Az új plazmon-fonon állapot diszperziója jelentős módus szétválást mutat és a csatolás erőssége eléri az ultraerős kölcsönhatás tartományát.

A munkám első fele az s-SNOM jelentőségét mutatja szén nanoszerkezetek karakterizálásában, míg második fele rávilágít, hogy a szén nanocsövek további érdekes jelenségeket tartogatnak nanofotonikai alkalmazásokhoz. Az eredmények arra mutatnak, hogy a szén nanocső plazmonok felhasználhatók lennének a nanocsövek falán vagy belsejében lévő molekulák ultraérzékeny kimutatására.